

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійного вивчення  
та виконання контрольних робіт з дисципліни

**«ВОДОПІДГОТОВКА В СИСТЕМАХ ТГП і В»**

*(для студентів 5 і 6 курсу всіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти  
напряму 0921 (6.060101) «Будівництво» спеціальностей 7.092108, 8.092108  
(7.06010107, 8.06010107) «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

**Харків**  
**ХНАМГ**  
**2012**

Методичні вказівки до самостійного вивчення та виконання контрольних робіт з дисципліни «ВОДОПІДГОТОВКА В СИСТЕМАХ ТГП І В» (для студентів 5 і 6 курсу всіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво» спеціальностей 7.092108, 8.092108 (7.06010107, 8.06010107) «Теплогазопостачання і вентиляція») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. О. Ткачов, І. М. Чуб. – Х. : ХНАМГ, 2012. – 14 с.

Укладачі: В. О. Ткачов, І. М. Чуб

Рецензент: к.т.н., доц. О. В. Ромашко

*Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол засідання № 1 від 30.08.2011 р.*

## ЗМІСТ

	стор.
Зміст.....	3
Вступ .....	4
1. Питання для самостійного вивчення.....	5
Показники якості води. Характеристика основних процесів обробки води.....	5
Процеси та апарати для видалення з води зважених речовин.....	5
Методи зм'якшення води і їхній вибір .....	6
Знесолення води іонним обміном.....	6
Видалення з води розчинених газів.....	7
Опріснення води методом дистиляції.....	7
Накипоутворення. види накипу, її властивості.....	8
Мембранні процеси.....	8
2. Контрольна робота.....	9
Додаток А.....	12
Список джерел.....	13

## ВСТУП

Вода є однією з найбільш розповсюджених речовин, що використовується для технічних цілей. Природні води завжди містять домішки в розчиненому або у завислому стані. В залежності від категорії споживачів води ті або інші домішки можуть бути корисними або шкідливими. Серед технічних споживачів води досить вимогливими до її якості є паросилові установки і, особливо, ТЕС високого та надвисокого тиску. Процеси отримання водяної пари при високих температурах створюють у сучасних парових котлах умови, при яких окремі домішки, які присутні навіть у незначних кількостях у живильній воді, можуть привести до аварійного стану котельних агрегатів та довготривалому виходу їх з ладу. Яку шкоду заподіює вода та які причини їх виникнення, які вимоги пред'являються до якості води, якими способами забезпечується задоволення цих вимог – вивчає дисципліна „Водопідготовка” для спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція».

Згідно робочого плану підготовки за дисципліною „Водопідготовка”, студентам заочної форми навчання спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція» необхідно опанувати самостійно теоретичний курс та виконати контрольну роботу. Перелік питань теоретичного курсу наведений у I розділі методичних вказівок.

Завдання контрольної роботи – закріплення знань студентами з галузі підготовки води в теплоенергетиці. Контрольна робота складається з двох частин:

- Відповідь студентів у письмовій формі на теоретичні питання згідно варіанту, виданого викладачем кафедри;
- Розрахунок для оцінки якості природної води згідно варіанту, виданого викладачем кафедри.

Контрольна робота виконується у звичайному учнівському зошиті. Всі необхідні додаткові матеріали для виконання розрахункової частини контрольної роботи наведені у додатках даних методичних вказівок.

## **РОЗДІЛ 1**

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ**

#### **ТЕМА 1. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ВОДИ**

Надходження домішок до води. Показники якості води. Вимоги до якості води різних споживачів. Класифікація і характеристика домішок природних вод. Системи класифікації. Класифікація вод по фазово-дисперсному стану домішок. Органічні речовини природних вод. Будова гумінових кислот. Солі та комплексні сполуки гумінових кислот. Аніони вуглецевої кислоти. Співвідношення різних форм вуглецевої кислоти. Характеристика основних процесів обробки води. Класифікація методів очищення води залежно від її фазово - дисперсної характеристики. Поняття агресивності, стабільності та нестабільності води. Інші домішки природної води – мікроорганізми.

##### **Питання для самоперевірки**

1. В чому полягає якісна відмінність поверхневих і підземних вод?
2. Які причини строгого нормування вмісту іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  в водах теплоенергетичних установок?
3. В чому сутність «вуглецевої» рівноваги та пов'язаних с нею понять стабільності та нестабільності води?
4. Поняття жорсткості води. Види жорсткості?
5. Види дисперсних систем?
6. Характеристика різних класифікаційних систем С.А. Щукарева, О.А. Алекіна та Л.А. Кульського?
7. Класифікація методів очищення води?
8. Індекс стабільності

#### **ТЕМА 2. ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ З ВОДИ ЗВАЖЕНИХ РЕЧОВИН**

Процес коагуляції колоїдних домішок води. Загальні поняття процесу. Вплив різних факторів: температури, дози та рН середовища, додавання флокулянтів. Процес флокуляції. Коагуляція з вапнуванням. Процеси, що протікають при вапнуванні. Вплив на вуглекислотну рівновагу. Апарати, що застосовуються для вапнування. Конструкції освітлювачей, принцип дії. Схеми обробки води вапнуванням. Реагентне господарство. Приготування та дозування реагентів. Експлуатація установок з освітлювачами.

##### **Питання для самоперевірки**

1. Чому колоїдні системи є стабільними?
2. Які показники якості води змінюються в процесі коагуляції?
3. Напишіть основні хімічні реакції процесу вапнування води.
4. Як впливає температура та рН води на процеси коагуляції ?

5. За допомогою яких реагентів можна покращити показники якості обробленої в освітлювачі води ?
6. Намалюйте принципову схему освітлювача з основними потоками води, реагентів і шламу.
7. Опишіть процес приготування розчинів реагентів, які використовуються при роботі освітлювачів.

### **ТЕМА 3. МЕТОДИ ЗМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ І ЇХНІЙ ВИБІР**

Термічний метод зм'якшення води, умови застосування. Реагентні методи зм'якшення води: вапняно-содовий, содово-натрієвий, барієвий, оксалатний, фосфатування. Види реагентів, що застосовуються, умови застосування. Катіоніти, аніоніти і їхні властивості. Фізико-хімічні властивості іонітів. Зм'якшення іонним обміном. Водень-катіонування води Водород-натрій-катіонування води, переваги методу. Схеми процесів.

#### **Питання для самоперевірки**

1. В яких умовах застосовується термічний метод зм'якшення води?
2. Які переваги та недоліки мають реагентні методи зм'якшення води?
3. Поясніть принцип дії установки для реагентного зм'якшення води з вихровим реактором.
4. Які матеріали використовують для синтезу іонітів?
5. Чому матриця іоніту має заряд?
6. Яка різниця між катіонітами та аніонітами?
7. Що таке амфотерні іоніти?
8. Що таке селективність іонітів?
9. Назвіть переваги та недоліки методу натрій-катіонування води.
10. Напишіть рівняння регенерації для натрій-катіонітового фільтру.

### **ТЕМА 4. ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ ІОННИМ ОБМІНОМ**

Апарати з нерухливим шаром іоніту. Принцип дії. Робочі стадії. Апарати, у яких рухається або кипить шар іоніту. Конструкції апаратів з шаром, що рухається. Схема апарату та принцип дії. Характеристика киплячого шару іоніту. Характеристика псевдорозрідженого шару (ПРШ). Структура ПРШ у газовому і водному потоках. Використання пристроїв для перемішування та транспортування іоніту усередині реактора. Іонітні установки безперервної дії: процеси Асахи та Хіггінса. Апарати зі змішаним шаром іонітів. Принцип дії та особливості експлуатації таких апаратів.

#### **Питання для самоперевірки**

1. З яких стадій складається цикл роботи установки з нерухливим шаром іоніту.
2. Які переваги та недоліки мають апарати з киплячим шаром іоніту.
3. Як відбувається регенерація та відмивання іоніту в апаратах з киплячим шаром?
4. За допомогою яких пристроїв відбувається перемішування та транспортування

іоніту усередині реактора?

5. Які переваги мають установки безперервної дії? Опишіть робочий процес установки Асахи.

6. З яких іонітів складається робочий шар змішаних апаратів? Яка їхня послідовність?

7. Як працюють обидва іоніти у апараті під час робочої стадії ?

8. Як відбувається регенерація та якими розчинами? Що відбувається з ціми розчинами наприкінці процесу?

## **ТЕМА 5. ВИДАЛЕННЯ З ВОДИ РОЗЧИНЕНИХ ГАЗІВ**

Розчинені гази, які знаходяться у природній воді. Агресивність газів. Фізика процесу розчинення і видалення газу з води. Закон Генрі. Вплив різних чинників на процеси видалення газів. Характеристика методів видалення газів. Ефективність хімічних методів видалення. Реагенти, які застосовують для хімічного видалення кисню та діоксида вуглецю. Сутність фізичних методів дегазації. Конструкції декарбонізаторів. Конструкції деаераторів.

### **Питання для самоперевірки**

1. З якою метою здійснюється очищення води від розчинених газів?
2. Напишіть залежність, яка пов'язує розчинність газу у воді з його параметрами, та проаналізуйте умови, які призводять до зменшення розчинності газу у воді?
3. Як зветься процес розчинення газу у воді? Який зворотній йому процес?
4. Які принципи очистки води від розчинених газів Вам відомі?
5. Які типи деаераторів Вам відомі?
6. Навести схему плівкового дегазатора з насадкою з *кілець Рашига*.
7. Які реагенти використовуються для хімічного зв'язування розчинених у воді кисню і діоксида вуглецю?

## **ТЕМА 6. ОПРІСНЕННЯ ВОДИ МЕТОДОМ ДИСТИЛЯЦІЇ**

Принцип дистиляції. Існуючі дистиляційні опріснювальні установки, класифікація за технологією одержання прісної води, по конструктивному оформленню, по роду застосовуваної допоміжної апаратури. Сучасні дистиляційні установки, розраховані на використання сонячної, електричної, атомної енергії і т.д. Класифікація дистиляційних опріснювальних установок за характером використання тепла і ступеня його рекуперації. Принцип роботи одноступінчастої дистиляційної опріснювальної установки.

### **Питання для самоперевірки**

1. На чому ґрунтується дистиляційний метод ?
2. Які джерела енергії витрачаються на роботу опріснювальної установки ?
3. Принцип дії одноступінчастої дистиляційної опріснювальної установки.
4. Як впливає кількість щаблів на економічність установки?
5. Які вживають заходи по упередженню утворення накипу або її видаленню?
6. Як відбувається очищення робочих поверхонь вод ?

## **ТЕМА 7. НАКИПОУТВОРЕННЯ. ВИДИ НАКИПУ, ЙОГО ВЛАСТИВОСТІ**

Види накипу. Вплив накипу на роботу казанів, теплообмінників, випарників, охолоджувачів. Явища, які виникають в пароводяному тракті. Утворення накипу на поверхні металу та шламу у воді. Типи накипу, місця його утворення. Корозія металу в паросиловому господарстві. Методи запобігання шару відкладень на теплообмінних поверхнях. Ультразвуковий метод запобігання накипоутворення. Зм'якшення води за допомогою іонообмінних матеріалів.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які мінеральні речовини впливають на процес утворення накипу?
2. Як впливає накип на термін служби металу труб?
3. Які речовини складають накип?
4. Відмінності пасивного та активного експериментів?
5. На що ще, крім карбонатних відкладень, впливає ультразвук?

## **ТЕМА 8. МЕМБРАННІ ПРОЦЕСИ**

Основні механізми переносу речовини через мембрани. Поняття мембрани. Напівпроникливі, проникливі мембрани. Схема мембранного осередку, її склад. Класифікація мембран: за природою, структурою, галуззю застосування. Основні механізми переносу речовини через мембрани. Коефіцієнт проникливості. Стаціонарний перенос компонента через непористу і пористу мембрану. Селективність мембран. Осмос, фізика процесу. Зворотний осмос. Сутність методу. Осмотичний тиск. Надлишковий (робочий) тиск. Гіпотези, що пояснюють процес зворотного осмосу. Ситова гіпотеза. Енергетична гіпотеза. Капілярно-фільтраційна гіпотеза.

### **Питання для самоперевірки**

1. Проаналізувати процес мембранного розділу на прикладі опріснення води.
2. Проаналізувати схему мембранного осередку.
3. Що означає термін кнудсенова дифузія?
4. Охарактеризувати процес осмосу. Ким було відкрите явище?
5. Сутність процесу зворотного осмосу.
6. Дати оцінку гіпотезам, що пояснюють процес зворотного осмосу.



## РОЗДІЛ 2

### КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Контрольна робота передбачає індивідуальне виконання завдання з оцінки якості природної води і опис одного з питань, які представлені на самостійне вивчення з дисципліни “Водопідготовка”. Завдання на контрольну роботу знаходяться у додатку 1 цих методичних вказівок. Розглянемо приклад завдання і виконання контрольної роботи.

1. Зобразити на діаграмі передбачуваний склад солей у воді. Визначити жорсткість, лужність і сухий залишок води за наступних вихідних даних, наведених у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. – Вихідні данні

Вміст катіонів і аніонів у природній воді, мг/дм <sup>3</sup>					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
59,9	53,1	152,7	231,9	196,9	216,1

2. Зобразити на діаграмі передбачуваний склад солей у воді після пом'якшення її методом натрій-катіонування. Визначити жорсткість, лужність та сухий залишок в зм'ягшеній воді.
3. Виконати розрахунок щодо змішування вихідної води з пом'якшеною для отримання жорсткості 3 мг-екв/л. Визначити кількість пом'якшеної води, q<sub>y</sub>, у відсотках від загальної кількості води.
4. Описати одне з питань, поданих до самостійного вивчення з дисципліни “Водопідготовка”.

Вода електронейтральна, тому суми концентрацій катіонів і аніонів, виражені в мг-екв/дм<sup>3</sup>, рівні. З огляду на переважні в природних водах іони, можна записати

$$[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^{+}] = [HCO_3^{-}] + [SO_4^{2-}] + [Cl^{-}]. \quad (2.1)$$

Для перерахування концентрації іонів, виражених у мг/дм<sup>3</sup>, в мг-екв/дм<sup>3</sup> необхідно їх розділити на еквівалентну масу даної речовини

$$\frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} + \frac{Na^{+}}{23} = \frac{HCO_3^{-}}{61,02} + \frac{SO_4^{2-}}{48,03} + \frac{Cl^{-}}{35,48} \quad (2.2)$$

$$2,99 + 4,36 + 6,64 = 3,8 + 4,1 + 6,09$$

$$13,99 = 13,99.$$

Перевірити правильність аналізу можна зіставленням сум у мг-екв/дм<sup>3</sup> катіонів і аніонів, при цьому

$$\frac{\sum K - \sum A}{\sum K + \sum A} * 100 \leq 5\% \quad (2.3)$$

$$\frac{13,99 - 13,99}{13,99 + 13,99} * 100 = 0 \leq 5\% .$$

Підсумкова концентрація катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , виражена у мг-екв/дм<sup>3</sup>, визначає загальну жорсткість ЖЗ води:

$$\text{ЖЗ} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] \text{ мг-екв/ дм}^3 \quad (2.4)$$

$$\text{ЖЗ} = 2,99 + 4,36 = 7,35 \text{ мг-екв/дм}^3$$

Загальна лужність (ЛЗ) у залежності від іонного складу води включає: гідрокарбонатну, карбонатну і гідратну складові. Оскільки з перерахованих аніонів у більшості природних вод переважає аніон  $\text{HCO}_3^-$ , їхня лужність визначається концентрацією гідрокарбонатів. Однак це справедливо за умов, що величина рН не перевищує 8.3.

При  $\text{ЖЗ} > \text{ЛЗ}$

$$[\text{HCO}_3^-] = \text{Жк} = \text{ЛЗ} = 3,8 \text{ мг-екв/дм}^3 \quad (2.5)$$

$$\text{Жнк} = \text{ЖЗ} - \text{Жк} = 7,35 - 3,8 = 3,55 \text{ мг-екв/дм}^3 \quad (2.6)$$

Результати аналізу іонного складу води наведені у вигляді діаграми передбачуваного складу солів:

2,99	4,36	6,64
$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{MgSO}_4$
		$\text{Na}_2\text{SO}_4$
		$\text{NaCl}$
$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$
3,8	4,1	6,06

Рис. 2.1– Діаграма передбачуваного складу солей у вихідній воді за даними аналізу.

При визначенні сухого залишку відбувається термічний розпад гідрокарбонатів і замість кожних 264 мг бікарбонатів-іонів у складі сухого залишку залишається 132 мг карбонатів-іонів. Тоді сухий залишок визначається за рівнянням:

$$\text{P} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{HCO}_3^-]/2 + [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-] \quad (2.7)$$

$$\text{P} = 2,99 + 20,04 + 4,36 \cdot 12,16 + 6,64 \cdot 23 + (3,8 \cdot 61,02)/2 + 4,1 \cdot 48,03 + 6,09 \cdot 5,48 = 794,59 \text{ мг/дм}^3$$

Зм'якшення води по методу іонного обміну засновано на властивості катіонітів обмінювати катіони, якими попередньо «заряджені» його активні групи, на катіони, що містяться у воді, яка обробляється. У результаті реакції катіоніт віддає у воду замість поглинених обмінні катіони. Залежно від того, яким обмінним іоном «заряджений» катіоніт: натрієм, воднем або амонієм – розрізняють процеси Na-, H- і  $\text{NH}_4$  – катіонування.

Після зм'якшення методом натрій-катіонування у воді практично відсутні катіони  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , а замість них присутні катіони  $\text{Na}^+$ . У зв'язку з цим змінюються солевий склад і сухий залишок води. При зображенні на діаграмі рис. 2.2 сольового складу води після зм'якшення, необхідно замінити катіони кальцію та магнію на катіони натрію. Аніонний склад води зостається без змін.

13,99		
Na <sup>+</sup>		
NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
3,8	4,1	6,06

Рис. 2.2 – Діаграма складу солей у воді після зм'якшення

Сухий залишок зм'якшеної води визначається за рівнянням (1.8):

$$P=[Na^+]+[HCO_3^-]/2+[SO_4^{2-}]+[Cl^-] \quad (2.8)$$

$$P=13,99 \cdot 23+(3,8 \cdot 61,02)/2+4,1 \cdot 48,03+6,09 \cdot 5,48=850,72 \text{ мг/дм}^3$$

Кількість зм'якшеної води,  $q_y$ , у відсотках від загального об'єму вихідної води жорсткістю 3 мг-екв/л., визначиться по формулі (2.9)

$$q_y = \frac{100 \cdot (J_z - J_c)}{(J_z - J_y)}, \quad (2.9)$$

де:  $J_z$  – загальна жорсткість вихідної води, мг-екв/л;

$J_c$  – жорсткість води, яка подається споживачеві, мг-екв/л;

$J_y$  – жорсткість зм'якшеної води, 0,1 мг-екв/л.

$$q_y = \frac{100 \cdot (7,35 - 3)}{(7,35 - 0,1)} = 60\% .$$

Таким чином, кількість зм'якшеної води жорсткістю 0,1 мг-екв/л складає 60 % від загального об'єму води, поданої споживачеві, жорсткістю 3 мг-екв/л.

## Завдання на контрольну роботу

№ п/п за списком	Вміст катіонів і аніонів у природній воді, мг/дм <sup>3</sup>						Номер теми
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	
1	90,2	15,2	118,6	190,4	202,7	126,9	8
2	121,0	25,0	46,0	367,0	49,0	109,0	5
3	41,0	61,0	69,5	306,0	97,0	38,0	3
4	101,0	13,0	23,0	245,0	97,0	38,0	1
5	61,0	24,6	23,0	244,0	49,0	37,0	7
6	40,0	12,0	24,0	123,0	48,0	36,0	4
7	61,0	24,0	47,0	123,0	193,0	36,0	6
8	20,0	24,9	23,0	62,0	97,0	36,0	2
9	40,0	24,7	23,0	123,0	96,0	36,0	8
10	73,0	14,5	18,3	140,3	140,0	15,0	5
11	72,2	17,4	12,5	280,6	33,0	10,0	1
12	42,7	13,1	4,0	183,0	12,6	4,260	3
13	68,7	10,3	6,1	250,8	15,0	4,9	6
14	51,9	15,0	8,6	188,0	29,7	17,5	7
15	53,9	29,4	19,6	293,5	48,5	5,6	4
16	84,0	7,3	10,8	195,2	48,0	37,7	2
17	47,0	10,3	25,1	158,7	52,7	21,0	8
18	47,2	13,4	81,3	147,5	61,9	116,4	6
19	56,0	22,8	39,6	85,5	176,3	47,0	1
20	60,0	15,8	0,0	201,0	13,5	25,5	5
21	56,4	16,8	10,4	250,1	8,2	13,0	3
22	49,2	2,5	19,6	74,0	91,2	5,2	7
23	91,8	16,8	7,8	244,0	80,8	22,0	2
24	108,2	9,7	107,3	234,2	107,0	170,0	4

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Запольський А. К. Водопостачання, вдовідведення та якість води. - К.:Вища школа, 2005. – 671 с.
2. Копылов А. С. Водоподготовка в энергетике. / Копылов А. С., Лавыгин В. М., Очков В. Ф. - М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 309 с.
3. Ткачов В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Водопідготовка в системах ТГП і В » (для студентів 5 і 6 курсу всіх форм навчання за напрямом підготовки 0921 – «Будівництво» спеціальностей 7.092108, 8.092108 - «Теплогазопостачання й вентиляція») / В. О. Ткачов, І. М Чуб; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; - Х. : ХНАМГ, 2010. - 70 с.
4. Водоподготовка: справочник. / Под ред. С. Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
5. Громогласов А. А. Водоподготовка: Процессы и аппараты: [учеб. пособие для вузов] / А. А. Громогласов, А. С. Копылов, А. П. Пильщиков – [Под ред. О. И. Мартыновой]. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
6. Водопостачання [учбов. посібник] / [Найманов А. Я., Никиша С. Б., Насонкина Н.Г и др.] – Донецьк: Норд-комп'ютер, 2006 – 654 с.
7. Кишневський В. А. Сучасні методи обробки води в енергетиці: Навчальний посібник для студентів спеціальностей «Теплоенергетика», «Атомна енергетика» та експлуатаційного персоналу ТЕС і АЕС. - Одеса: ОГПУ, 1999. – 196 с.
8. Когановський А. М. Адсорбція та іонний обмін у процесах водопідготовки й очищення стічних вод / А. М. Когановський - К.: Наукова думка, 1983. – 240 с.
9. Процеси та апарати хімічної технології: [підручник в 2-х частинах]. / Л. Л. Товажнянский, А. П. Готлинская. – Х.: НТУ, «ХПИ», 2005. – 532 с.
10. Серпіонова Е. Н. Промислова адсорбція газів і пару: [учбов. посібник для студ. вищ. навч. закладів] / Е. Н. Серпіонова- М. : Вищ. шк., 1969. – 416 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійного вивчення  
та виконання контрольних робіт з дисципліни

**«ВОДОПІДГОТОВКА В СИСТЕМАХ ТГП і В»**

(для студентів 5 і 6 курсу всіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти  
напряму 0921 (6.060101) «Будівництво» спеціальностей 7.092108, 8.092108  
(7.06010107, 8.06010107) «Теплогазопостачання і вентиляція»)

Укладачі: ТКАЧОВ В'ячеслав Олександрович  
ЧУБ Ірина Миколаївна

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*  
За авторською редакцією  
Комп'ютерне верстання *О. А. Балашова*

План 2011, поз. 132 М

---

Підп. до друку 15.11.2011  
Друк на ризографі.  
Зам.№

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 0,82  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК №4064 від 12.05.2011 р.